

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

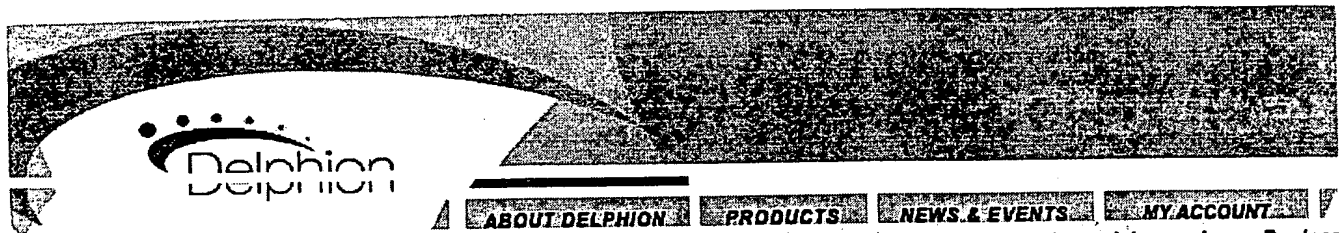
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



Log Out Order Form Work Files View Cart

The Delphion
Integrated
View

Purchase Document: Other Views:
[More choices...](#) [Derwent...](#)

Title: **DE3810455A1: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BERUEHRUNGSFREIEN RAEUMLICHEN ERFASSUNG EINES UNREGELMAESSIGEN KOERPERS**

INPADOC
Record

Country: **DE Germany**
Kind: **A1 Document Laid open (First Publication)**

Inventor(s): **RADU, MICHAEL, DR., 4000 DUESSELDORF, DE, Germany** [No Image](#)
DICKEN, HANS DIETER, 4040 NEUSS, DE, Germany

Applicant/Assignee: **DICKEN, HANS DIETER, 4040 NEUSS, DE, Germany**
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

Issued/Filed Dates: **Oct. 5, 1989 / March 26, 1988**

Application Number: **DE1988003810455**

IPC Class: **G01B 11/03; G01B 11/24; G06F 15/64; G06F 15/42;**

ECLA Code: **none**

Priority Number(s): **March 26, 1988 DE1988003810455**

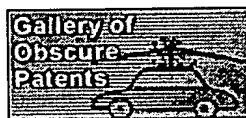
INPADOC Legal
Status:

| Gazette date | Code | Description (remarks) | List all possible codes for DE |
|----------------|------|---|--------------------------------|
| Nov. 7, 1991 | 8139 | Disposal/non-payment of the annual fee | |
| Oct. 5, 1989 | A1 | Laying open for public inspection | |
| Oct. 5, 1989 | OP8 | Request for examination as to paragraph 44 patent law | |
| March 26, 1988 | AE | Domestic application | |

Family **none**

Other Abstract Info: **none**

Foreign References: [Show the 2 U.S. patent\(s\) that reference this](#)



[Nominate this for the Gallery...](#)

[Subscribe](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [FAQ](#) | [Site Map](#) | [Help](#) | [Contact Us](#)

© 1997 - 2002 Delphion Inc.

(19) Federal Republic
of Germany

(12) Patent Document Open
to Public Inspection
(11) DE 38 10 455 A1

(51) Int. Cl.⁴:
G 01 B 11/03
G 01 B 11/24
//G06F 15/64, 15.42

(21) File No.: P 38 10 455.6
(22) Application Date: 26.3.88
(43) Publication Date: 5.10.89

(71) Applicant:
Radu, Dr. Michael, 4000 Dusseldorf, DE;
Dicken, Hans Dieter, 4040 Neuss, DE

(72) Inventor:
Same as applicant

(74) Representative:
Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R.,
Dipl.-Ing.; Cohausz, H., Dipl.-Ing.;
Werner, D., Dipl.-Ing., Dr.-Ing.; Rediea, B.,
Dipl.-Chem., Dr.rer.nat.; Fitzner, U.,
Dipl.-Ing., Dr.-Ing., Dr.jur, Patent
Attorneys, 4000 Dusseldorf

Application for examination according to § 44 of the Patents Law has been filed.

(54) Procedure and device for contactless spatial recording of an irregular body

The invention concerns a device and a process for the contactless spatial recording of an irregular body (8), especially a tooth or series of teeth, which shows several partial surfaces, each of which may be illuminated by a light source (6) without casting shadows, whereby the entire surface of the body (8) is recorded by moving several light beams, each of them assigned to one partial surface, together along the longitudinal direction of the body (8), and whereby the output signals corresponding to the individual partial surfaces are received by light receivers (7), which receive the individual light beams after they strike the respective partial surfaces, and are then compiled into coordinates for the entire body surface and undergo further processing.



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 38 10 455 A1

21 Aktenzeichen: P 38 10 455.5
22 Anmeldetag: 26. 3. 88
43 Offenlegungstag: 5. 10. 89

51 Int. Cl. 4:
G 01 B 11/03
G 01 B 11/24
// G 06 F 15/64, 15/42

Behördeneigentum

DE 38 10 455 A1

- 71 Anmelder:
Radu, Michael, Dr., 4000 Düsseldorf, DE; Dicken,
Hans Dieter, 4040 Neuss, DE
- 74 Vertreter:
Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R., Dipl.-Ing.;
Cohausz, H., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Redies, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Fitzner,
U., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Dr.jur., Pat.-Anwälte, 4000
Düsseldorf

- 72 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 54 Verfahren und Vorrichtung zur berührungsfreien räumlichen Erfassung eines unregelmäßigen Körpers

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur berührungsfreien räumlichen Erfassung eines unregelmäßigen Körpers (8) insbesondere eines Zahnes oder einer Zahnreihe, der mehrere von jeweils einer Lichtquelle (6) aus schattenlos bestrahlbare Teiloberflächen aufweist, wobei die gesamte Oberfläche des Körpers (8) dadurch erfaßt wird, daß mehrere jeweils einer Teiloberfläche zugeordnete Lichtstrahlen gemeinsam entlang der Längsrichtung des Körpers (8) bewegt werden und daß die den Koordinatenwerten der einzelnen Teiloberflächen entsprechenden Ausgangssignale von Lichtempfängern (7), die einzelne Lichtstrahlen nach Auftreffen auf die jeweiligen Teiloberflächen empfangen, zu Koordinaten für die gesamte Körperoberfläche zusammengesetzt und weiterverarbeitet werden.

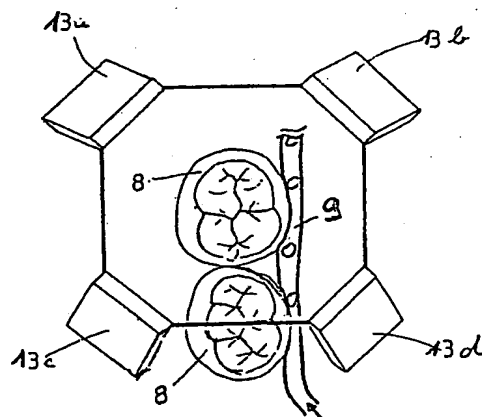


FIG. 7

DE 38 10 455 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur berührungsfreien räumlichen Erfassung eines unregelmäßigen Körpers, insbesondere eines Zahnes oder einer Zahnreihe, wobei der Körper mehrere von jeweils einer Lichtquelle aus schattenlos bestrahlbare Teiloberflächen aufweist.

Ein solches Verfahren ist aus dem Stand der Technik bekannt (Neue Zürcher Zeitung, 1. Oktober 1986, Nr. 227, Seite 65). Bei diesem bekannten Verfahren wird auf den zu erfassenden Körper ein regelmäßiges Streifenmuster, bestehend aus abwechselnd hellen und dunklen Streifen projiziert. Der derart beleuchtete Körper, insbesondere ein Zahn, wird über einen zweiten Strahlengang unter einem Parallaxwinkel auf einem Lichtempfänger abgebildet. Hierzu dient ein Bildsensor. Durch die unterschiedlichen Blickwinkel von der das Streifenmuster erzeugenden Lichtquelle einerseits und der Empfangseinheit andererseits wird das parallel auf den Körper treffende Streifenmuster entsprechend der Topographie der Körperoberfläche moduliert (Prinzip der Triangulation).

Das vom Bildsensor aufgenommene Signal wird im Anschluß daran elektronisch weiterverarbeitet und man erhält auf diese Weise Informationen über den Körper in allen drei Koordinatenrichtungen in Form eines dreidimensionalen Reliefbildes. Allerdings weist dieses aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren folgenden Nachteil auf:

Durch die unregelmäßige Gestalt des Körpers weist dieser im allgemeinen Oberflächenbereiche auf, die von einer einzigen Lichtquelle aus nicht bestrahlbar sind. Diese Bereiche werden infolgedessen bei der Bilderfassung nicht berücksichtigt. Andererseits sind gerade solche Bereiche, die z. B. unterhalb eines Vorsprungs oder beispielsweise bei einem Zahn im Bereich der Austrittsstelle des Zahnes aus dem Zahnfleisch liegen, für die Bilderfassung ebenso wichtig wie die anderen Bereiche. Daher ist eine vollständige Erfassung eines Körpers, der solche abgeschatteten Bereiche enthält, mit Hilfe des aus dem Stand der Technik bekannten Verfahrens nicht möglich.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, daß sämtliche Bereiche der Oberfläche eines unregelmäßigen Körpers erfassbar und mit möglichst geringem Zeitaufwand darstellbar sind.

Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gelöst, daß mehrere, jeweils einer Teiloberfläche zugeordnete spaltförmige Lichtstrahlen gemeinsam entlang der Längsrichtung des Körpers bewegt werden und daß die Koordinatenwerte für die einzelnen Teiloberflächen, die aus dem Abbild des spaltförmigen Lichtstrahls auf der jeweiligen Teiloberfläche, welches von jeweils einem der Teiloberfläche zugeordneten Lichtempfänger empfangen wird, gewonnen werden, zu Koordinatenwerten des gesamten Körpers zusammengesetzt und weiterverarbeitet werden, daß durch die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch, daß jeder Teiloberfläche eine Aufnahmeeinheit zur Erfassung ihrer räumlichen Koordinaten zugeordnet ist, daß eine sich in Längsrichtung des Körpers erstreckende und gegenüber diesem ortsfeste Halteeinheit vorgesehen ist, entlang der die Aufnahmeeinheiten der Teiloberflächen gemeinsam verfahrbar sind, und daß die Aufnahmeeinheiten mit einer Auswerteeinheit derart

verbunden sind, daß die Koordinaten der Teiloberflächen zu Koordinatenwerten der Oberfläche des gesamten Körpers zusammensetzbar sind.

Die erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich dadurch aus, daß infolge der mehreren jeweils einer Teiloberfläche zugeordneten Aufnahmeeinheiten alle Bereiche der interessierenden Oberfläche des Körpers ausgeleuchtet und somit optisch erfaßt werden. Alle Aufnahmeeinheiten bilden gegenüber dem Körper eine Einheit, so daß die von ihnen ermittelten Teilbilder zu einem Gesamtbild des unregelmäßigen Körpers zusammengesetzt werden kann. Die somit erfaßten Koordinaten des Körpers können mit Hilfe bekannter Techniken, beispielsweise computergraphischer Methoden weiterbearbeitet und als Grundlage zur computergestützten Konstruktion bzw. Fertigung verwendet werden.

Dadurch, daß die elektronische Verarbeitung der aufgenommenen Koordinaten bereits während der Bewegung der Aufnahmeeinheiten entlang des Körpers erfolgt und die Daten schrittweise ergänzt werden, ergibt sich ein erheblicher zeitlicher Vorteil gegenüber bekannten Techniken.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, daß die Geschwindigkeit und somit die Auflösung der Bewegung der Lichtstrahlen veränderbar ist. Gegenüber dem Stand der Technik, bei dem durch den festgelegten Abstand der Streifen des Streifenmusters stets eine gleiche Abtastgeschwindigkeit vorhanden ist, ergibt sich erfindungsgemäß die Möglichkeit, Bereiche des Körpers, die besonders hoch aufzulösen sind, durch entsprechend langsames Bewegen der Lichtstrahlen genau zu erfassen. Andererseits können Bereiche, die im Sinne der Meßaufgabe nur zweitrangig interessieren, schneller durchfahren werden, womit sich insgesamt ein erheblicher Zeitvorteil bei der Bilderfassung ergibt.

Insbesondere bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens für die Erfassung von Zahnreihen ist es vorteilhaft, wenn die Koordinatenbestimmung von Bereichen des Körpers, die nicht von den jeweiligen Lichtstrahlen erfaßt werden können, wie z. B. die Kontaktflächen zweier aneinandergrenzender Zähne, durch Approximation unter Berücksichtigung der zu den Kontaktflächen benachbarten Koordinatenwerten erfolgt. Hierdurch können auch die Stellen der Oberfläche des Körpers, die der Erfassung direkt nicht zugänglich sind, wenigstens näherungsweise rekonstruiert werden.

Wenn die Aufnahmeeinheit eine unter einem festen Winkel gegenüber der Haltevorrichtung abstrahlende Lichtquelle und einen flächenhaften Lichtempfänger enthält, läßt sich der feinmechanische Aufwand des zur Herstellung des erfindungsgemäßen Gegenstandes weitgehend vereinfachen. Bewegbar müssen dann nur noch die miteinander gekoppelten Aufnahmeeinheiten gegenüber der fest am zu erfassenden Körper angebrachten Haltevorrichtung sein. Eine Bewegung der Lichtquelle selbst ist dabei nicht erforderlich. Zweckmäßigerweise wird die Lichtquelle so eingestellt, daß die ihr zugeordnete Teiloberfläche möglichst senkrecht auf dem Lichtstrahl steht, so daß eine gute Lichtausbeute erreicht wird.

Vorzugsweise eignet sich für die Lichtquelle eine Laserdiode, die sichtbares Licht emittiert und für den Lichtempfänger ein CCD-Element. Die genannten Elemente weisen einerseits die für den Anwendungsfall erforderliche hohe Präzision auf, andererseits sind sie aber durch ihre zunehmende Verwendung in der letzten Zeit verhältnismäßig preiswert geworden.

Zur Erzeugung des spaltförmigen Lichtstrahles wird

vorzugsweise ein der Lichtquelle zugeordnetes optisches Fokussiersystem verwendet. Hierdurch wird der Strahl in der gewünschten Weise geformt, ohne daß wie bei herkömmlichen Blenden, Streueffekte an den Blendenöffnungen auftreten können.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel sind vier jeweils 90 Grad zueinander versetzte Aufnahmeeinheiten vorgesehen. Dieses Ausführungsbeispiel eignet sich besonders zur optischen Erfassung von Zähnen bzw. Zahnreihen als Vorbereitung zur Herstellung einer Zahnprothese. Durch die Anordnung der vier Aufnahmeeinheiten werden alle wesentlichen Bereiche des Zahnes erfaßt.

Wenn die Aufnahmeeinheiten mittels einer Antriebseinheit gemeinsam verfahrbar sind, die in Form eines Schrittmotors ausgeführt ist, ergibt sich eine gute Reproduzierbarkeit der Bewegung und somit ein hohes Auflösungsvermögen.

Dabei ist es zusätzlich von Vorteil, wenn die Antriebseinheit von der Auswerteeinheit ansteuerbar ist, so daß die Geschwindigkeit der Antriebseinheit in Abhängigkeit von der geforderten Auflösungsgenauigkeit für die Oberfläche veränderbar ist. Dann kann von der Bedienungsperson festgelegt werden, welche Bereiche des Körpers besonders genau aufzulösen sind und diese werden dann entsprechend langsamer durchfahren. Durch die Ansteuerung durch die Auswerteeinheit läßt sich dieses Verfahren weitgehend automatisieren.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel besteht darin, daß die Wellenlängen der in den einzelnen Aufnahmeeinheiten verwendeten Lichtstrahlen unterschiedlich sind, so daß das von einer bestimmten Lichtquelle ausgesandte Licht ausschließlich von dem dieser Lichtquelle zugeordneten Empfangseinrichtung detektiert wird. Somit lassen sich unerwünschte Signalstreuungen von einer Aufnahmeeinrichtung zur anderen wirksam vermeiden.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform ergibt sich auch dann, wenn eine gegenüber einer ersten Zahnreihe, insbesondere der Oberkieferzahnreihe, ortsfeste Bildaufnahmeverrichtung, vorzugsweise eine Videokamera, vorgesehen ist, mittels der die Relativbewegung der zweiten Zahnreihe, insbesondere der Unterkieferzahnreihe, gegenüber der ersten Zahnreihe detektierbar ist und wenn die Bildaufnahmeverrichtung mit der Auswerteeinheit derart verbunden ist, daß eine der detektierten Relativbewegung entsprechende zeitlich veränderliche Zuordnung der jeweiligen räumlichen Koordinatenwerte der beiden Zahnreihen erfolgen kann. Hierdurch läßt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Gebißanalyse in der Zahnheilkunde einsetzen. Aufgrund der genau vorbekannten räumlichen Koordinaten von Oberkiefer bzw. Unterkiefer einerseits und der durch die Bildaufnahmeverrichtung optisch ermittelten Relativbewegung beider Zahnreihen zueinander andererseits ergibt sich eine naturgetreue Wiedergabe der Gebißfunktion. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahrensweisen, vom Oberkiefer und vom Unterkiefer jeweils getrennte Abdruckmodelle zu entnehmen und diese dann in einer einfachen Halterung einander zuzuordnen, läßt sich durch die Ausgestaltung der Erfindung eine wesentlich höhere Genauigkeit erzielen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Zeichnung dargestellt. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Prinzipskizze des erfindungsgemäßen Verfahrens in seitlicher Ansicht,

Fig. 2 die Prinzipskizze von Fig. 1 in Draufsicht,

Fig. 3 ein Detail aus Fig. 1,

Fig. 4 die Prinzipskizze in Blickrichtung A von Fig. 2, Fig. 5 ein Blockschaltbild für die Aufnahmeeinheit und deren Anschluß an die Peripherie beim erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 6 ein Blockschaltbild der Auswerteeinheit,

Fig. 7 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel in perspektivischer Ansicht,

Fig. 8 eine Modifikation des bevorzugten Ausführungsbeispiels in Vorderansicht und

Fig. 9 die Modifikation von Fig. 8 in Seitenansicht.

Bei den in Fig. 1 bis 4 dargestellten prinzipiellen Funktionsschema der vorliegenden Erfindung befindet sich ein räumlich zu erfassender Körper 1 auf einer Grundplatte 2. Mit Abstand vom Körper 1 sind mehrere Aufnahmeeinheiten 3a, 3b, 3c, 3d vorgesehen, von denen Lichtstrahlen auf die Oberfläche des Körpers 1 gerichtet sind. Der Körper 1 hat in der hier gewählten Darstellung die Form von zwei aneinandergrenzenden, um jeweils eine Kugelkappe verringerten Kugeln. Wie die strichlinierte Linie in Fig. 1 andeutet, sind, betrachtet vom Beobachtungspunkt der Aufnahmeeinrichtung 3a aus, bestimmte Bereiche der rechten Kugel durch die linke Kugel abgeschattet. Wie aber aus Fig. 2 hervorgeht, ergibt sich durch die räumliche Anordnung der Aufnahmeeinheiten 3a und 3d eine Bestrahlung der gesamten Kugeloberfläche durch Überlagerung der vier, den jeweiligen Aufnahmeeinrichtungen 3a bis 3d zugeordneten Teiloberflächen. Nur der Punkt, an dem die beiden Kugeln zusammenstoßen, bleibt abgeschattet.

Die genaue Anordnung von Lichtquelle 6 und Empfangseinheit 7 geht aus Fig. 3 hervor. Dabei ist die Lichtquelle 6 unter einem bestimmten Winkel gegenüber der Grundplatte 2 geneigt, so daß der von ihr auf der Oberfläche erzeugte Lichtstrahl ein bestimmtes der Topographie der Oberfläche entsprechendes Muster bildet, das von der Empfangseinheit 7 erfaßt werden kann.

Die Empfangseinheiten 7 der Aufnahmeverrichtungen 3 werden durch flächenhafte CCD (Charge Coupled Device) Sensoren gebildet, auf denen die der entsprechende Empfangseinheit zugeordnete Teiloberfläche des Körpers 1 bei Bestrahlung mit dem von der Lichtquelle 6 ausgesandten spaltförmigen Lichtstrahl abgebildet wird. Das Abbild des spaltförmigen Lichtstrahls erscheint auf der unregelmäßigen Körperoberfläche im allgemeinen als gekrümmte Linie, aus deren zweidimensionalen Koordinaten mit Hilfe bekannter Transformationstechniken die räumlichen Koordinaten der Körperoberflächen gewonnen werden. Somit ergibt sich mittels eines jeden der vier CCD-Sensoren der Aufnahmeeinheiten 3a bis 3d das räumliche Bild der entsprechenden Teiloberfläche des Körpers.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, sind die Aufnahmeeinheiten 3a bis 3d miteinander gekoppelt und gegenüber einer Haltevorrichtung 4, die ortsfest gegenüber dem auf der Grundplatte 2 befindlichen Körper 1 angeordnet ist, beweglich. Somit ergibt sich eine gemeinsame Bewegung aller Aufnahmeeinheiten 3a bis 3d in Richtung der in Fig. 2 angedeuteten Pfeile. Hierdurch wird schrittweise der erfaßte Bereich des Körpers in Richtung der Bewegungsrichtung verlagert.

Die Koordinatenwerte der einzelnen Teiloberflächen werden im Anschluß daran mittels einer Auswerteeinheit zur gesamten Oberfläche des Körpers zusammengefaßt.

Die der Auswerteeinheit nachgeordnete Ausgabereinrichtung kann beispielsweise ein Bildschirm sein, auf dem der erfaßte Körper in vorwählbarer Darstellung abgebildet ist. Da die gesamten räumlichen Koordinaten

ten des Körpers in der Auswerteeinheit bzw. einer ihr zugeordneten Speichereinheit abgelegt sind, lassen sich beliebige Darstellungsarten (flächenhaft, perspektivisch) vorwählen.

Das in Fig. 7 dargestellte bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung bezieht sich auf die Erfassung von Zähnen 8 in einer Zahnreihe. Hierzu sind vier Aufnahmeeinrichtungen 13a, 13b, 13c, 13d vorgesehen, die 90 Grad zueinander versetzt parallel zur Okklusionsebene angeordnet sind. Diese vier Aufnahmeeinrichtungen 13a bis 13d sind untereinander gekoppelt und gegenüber einer Haltevorrichtung, die fest mit dem der Zahnreihe zugeordneten Kiefer verbunden ist, beweglich, wie der Pfeil in Fig. 7 andeutet. Die Richtung der vier Aufnahmeeinrichtungen ist dabei so gewählt, daß der von der jeweiligen Lichtquelle ausgesandte Lichtstrahl nahezu senkrecht auf die ihm zugeordnete Teiloberfläche der Zahnreihe 8 fällt. Durch diese Anordnung der Aufnahmeeinheiten lassen sich alle interessierenden Bereiche eines jeden Zahns, abgesehen von den Kontaktstellen benachbarter Zähne, bestrahlen und somit erfassen. Die miteinander gekoppelten Aufnahmeeinrichtungen 13a bis 13d werden mittels eines als Antriebseinheit dienenden Schrittmotors gegenüber der Halteeinrichtung entlang der Zahnreihe verschoben.

Die für den Zahnersatz zu präparierenden Zähne müssen am genauesten erfaßt werden. Daher erfolgt die Bewegung des Lichtstrahls in diesem Bereich in besonders kleinen Schritten. Die Zähne des Gegenbisses, sowie auch die dem Zahnersatz benachbarten Zähne können mit größerer Auflösung und daher mit größerer Schrittweite erfaßt werden.

Im Bereich der Kontaktfläche, d. h. dort, wo der zu ersetzende Zahn mit den benachbarten Zähnen zusammenstößt, kann eine direkte optische Erfassung nicht erfolgen. Die diesem Flächenbereich entsprechenden Koordinaten des Zahnes werden jedoch erfindungsgemäß mittels eines Approximationsvorganges aus den im unmittelbaren Nachbarbereich der Kontaktflächen ermittelten Koordinatenwerten berechnet. Somit ergibt sich eine vollständige grafische Erfassung des zu ersetzenden Zahnes.

Mittels computergrafischer Verfahren lassen sich nun bestimmte interessierende Detailbereiche des Zahnes vergrößert darstellen, oder die Blickrichtung der perspektivischen Ansicht des Zahnes auf dem Bildschirm verändern. Mittels der ermittelten Koordinaten wird außerdem eine computergestützte Fertigung und Analyse der Zahnprothese ermöglicht.

Um eine Signalentkopplung der vier Aufnahmeeinrichtungen 13a bis 13d voneinander zu ermöglichen, werden für die von den jeweiligen Lichtquellen ausgesandten Lichtstrahlen unterschiedliche Wellenlängen verwendet. Dies kann durch Vorsehen von den Lichtquellen jeweils nachgeordneten Filtern geschehen. Jeder Bildsensor ist dabei nur für die Wellenlänge empfindlich, die die in seiner Aufnahmeeinrichtung vorgesehene Lichtquelle aussendet.

Um eine Verfälschung der Meßergebnisse durch im Mund des Patienten fließenden Speichel zu reduzieren, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, eine Absaugleitung 9 parallel zur Zahnreihe anzuordnen, die entlang ihrer Länge einzelne Löcher aufweist, durch die der Speichel abgesaugt wird. Auch kann im Bereich der Aufnahmeeinheiten 13a—13d eine Druckluftdüse vorgesehen sein, mittels der der Bereich zwischen Oberfläche des zu untersuchenden Zahnes und den jeweiligen Aufnahmevorrichtungen von Feuchtigkeit befreit wird, durch die die

Meßergebnisse verfälscht werden könnte.

Schließlich ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren auch für die Erfassung von anderen Bereichen des menschlichen Körpers einzusetzen, beispielsweise in der Gesichtschirurgie zur Aufnahme von bestimmten Bereichen des Gesichtes bzw. des Kopfes. Hierzu muß die Haltevorrichtung entsprechend an die zu erfassende Gesichtspartie angepaßt werden.

Es ist aber auch denkbar, die erfindungsgemäße Vorrichtung zur genauen räumlichen Analyse von Modellen, beispielsweise von Prototypen in der Konstruktion, einzusetzen.

In den Fig. 8 und 9 ist eine Modifikation des in Fig. 7 dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung aufgeführt. Dargestellt sind zwei Zahnreihen 14a, 14b, wobei die obere Zahnreihe 14a der Zahnreihe des Oberkiefers und die untere Zahnreihe 14b der Zahnreihe des Unterkiefers entspricht. Festgekoppelt mit der Zahnreihe des Oberkiefers 14a ist eine Aufnahmeeinrichtung 15, bei der es sich vorzugsweise um eine Videokamera handelt. Der Ausgang der Videokamera 15 ist mit der in Fig. 6 dargestellten Auswerteeinheit elektrisch verbunden.

Mittels der Videokamera 15 wird die Relativbewegung zwischen Oberkiefer und Unterkiefer als Bildsignal aufgenommen. Dieses Bildsignal wird nun der Auswerteeinheit zugeführt, in der die räumlichen Koordinatenwerte der Zahnreihen 14a, 14b bereits abgespeichert vorliegen. Entsprechend der von der Kamera 15 aufgenommenen Bewegung läßt sich somit die Zuordnung der räumliche Koordinatenwerte der einzelnen Zahnreihen zeitlich variieren. Hierdurch ist eine naturgetreue Abbildung der Gebißfunktion in der Auswerteeinheit und dem nachgeschalteten Bildschirm möglich. Die auf diese Weise erreichbare hochgenaue Gebißanalyse ist dabei weitaus präziser als die bislang übliche Abdruckmethode, da die genaue räumliche Zuordnung der Zahnreihen zueinander analysiert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur berührungsfreien räumlichen Erfassung eines unregelmäßigen Körpers, insbesondere eines Zahnes oder einer Zahnreihe, der mehrere von jeweils einer Lichtquelle aus schattenlos bestrahlbare Teiloberflächen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, jeweils einer Teiloberfläche zugeordnete spaltförmige Lichtstrahlen gemeinsam entlang der Längsrichtung des Körpers (1a, 1b, 8, 14a, 14b) bewegt werden und daß die Koordinatenwerte für die einzelnen Teiloberflächen, die aus dem Abbild des spaltförmigen Lichtstrahls auf der jeweiligen Teiloberfläche, welches von jeweils einem der Teiloberfläche zugeordneten Lichtempfänger (7) empfangen wird, gewonnen werden, zu Koordinatenwerten des gesamten Körpers zusammengesetzt und weiterverarbeitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit der Längsbewegung der Lichtstrahlen veränderbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsbewegung der Lichtstrahlen schrittweise erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Koordinatenbestimmung von unsichtbaren Bereichen der Teiloberflächen, insbesondere von Kontaktflächen je

zweier Zähne einer Zahnreihe, durch Approximation unter Berücksichtigung der zu den Kontaktflächen benachbarten Koordinatenwerte erfolgt.

5. Verfahren zur berührungsfreien räumlichen Erfassung von Zahnreihen, insbesondere von Oberkiefer- und Unterkiefer-Zahnreihen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst eine Erfassung der räumlichen Koordinatenwerte der einzelnen Zahnreihen (14a, 14b) erfolgt und daß anschließend entsprechend der Relativbewegung der einzelnen Zahnreihen die Koordinatenwerte der einzelnen Zahnreihen einander zugeordnet werden.

6. Vorrichtung zur berührungsfreien räumlichen Erfassung eines unregelmäßigen Körpers, insbesondere einer Zahnreihe, der mehrere von jeweils einer Lichtquelle aus schattenlos bestrahlbare Teiloberflächen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Teiloberfläche eine Aufnahmeeinheit (3a—3d, 13a—13d) zur Erfassung ihrer räumlichen Koordinaten zugeordnet ist, daß eine sich in Längsrichtung des Körpers (1a, 1b) erstreckende und gegenüber diesem ortsfeste Halteeinheit (4) vorgesehen ist, entlang der die Aufnahmeeinheiten (3a—3d, 13a—13d) der Teiloberflächen gemeinsam verfahrbar sind, und daß die Aufnahmeeinheiten (3a—3d, 13a—13d) mit einer Auswerteeinheit derart verbunden sind, daß die Koordinaten der Teiloberflächen zu Koordinatenwerten der Oberfläche des gesamten Körpers zusammensetzbar sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmeeinheit (3a—3d) eine unter einem festen Winkel gegenüber der Halteeinheit (4) abstrahlende und einen spaltförmigen Lichtstrahl erzeugende Lichtquelle (6) sowie einen flächenhaften Lichtempfänger (7) enthält.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine sichtbares Licht emittierende Laserdiode (6) und der Lichtempfänger (7) ein CCD-Element ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtquelle (6) ein optisches Fokussiersystem zur Erzeugung des spaltförmigen Lichtstrahles zugeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (6) punktförmig ist und mittels einer Bewegungseinheit zur Erzeugung des spaltförmigen Lichtstrahls oszillierend bewegbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß vier jeweils etwa 90 Grad zueinander in der in Bewegungsrichtung liegenden Ebene versetzte Aufnahmeeinheiten (3a—3d, 13a—13d) vorgesehen sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmeeinheiten (3a—3d, 13a—13d) mittels einer als Schrittmotor ausgebildeten Antriebseinheit (5) gemeinsam verfahrbar sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinheit (5) von der Auswerteeinheit (8) derart ansteuerbar ist, daß in Abhängigkeit von der geforderten Auflösungsgenauigkeit für den Körper die Geschwindigkeit der Antriebseinheit (5) veränderbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmeeinheiten (3a—3d, 13a—13d) Lichtquellen (6) aufweisen,

die mit unterschiedlichen Wellenlängen betreibbar sind, wobei jeder Lichtempfänger (7) nur für die Wellenlänge der ihm zugeordneten Lichtquelle empfindlich ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14 für die Erfassung von Zahnreihen, dadurch gekennzeichnet, daß eine gegenüber einer ersten Zahnreihe, insbesondere der Oberkieferzahnreihe (14a), ortsfeste Bildaufnahmeverrichtung, vorzugsweise eine Videokamera (15), vorgesehen ist, mittels der die Relativbewegung der zweiten Zahnreihe, insbesondere der Unterkieferzahnreihe (14b), gegenüber der ersten Zahnreihe (14a) detektierbar ist und daß die Bildaufnahmeverrichtung (15) mit der Auswerteeinheit derart verbunden ist, daß eine der detektierten Relativbewegung entsprechende zeitlich veränderliche Zuordnung der jeweiligen räumlichen Koordinatenwerte der beiden Zahnreihen (14a, 14b) erfolgt.

- Leerseite -

3810455

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

38 10 455
G 01 B 11/03
26. März 1988
5. Oktober 1989

18

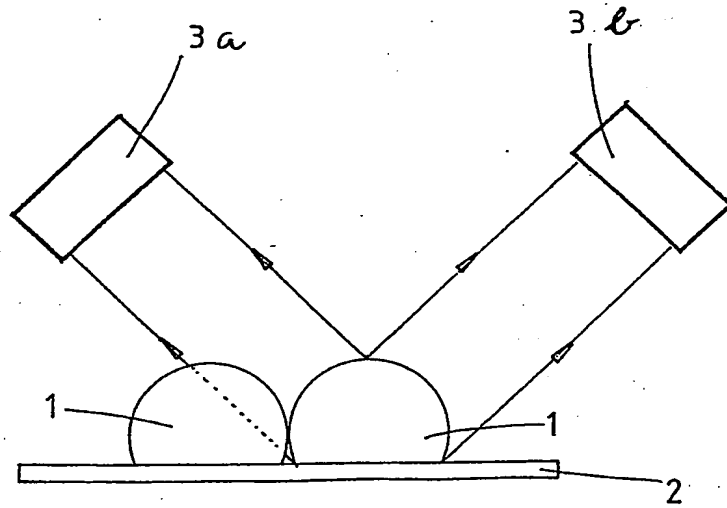


FIG. 1

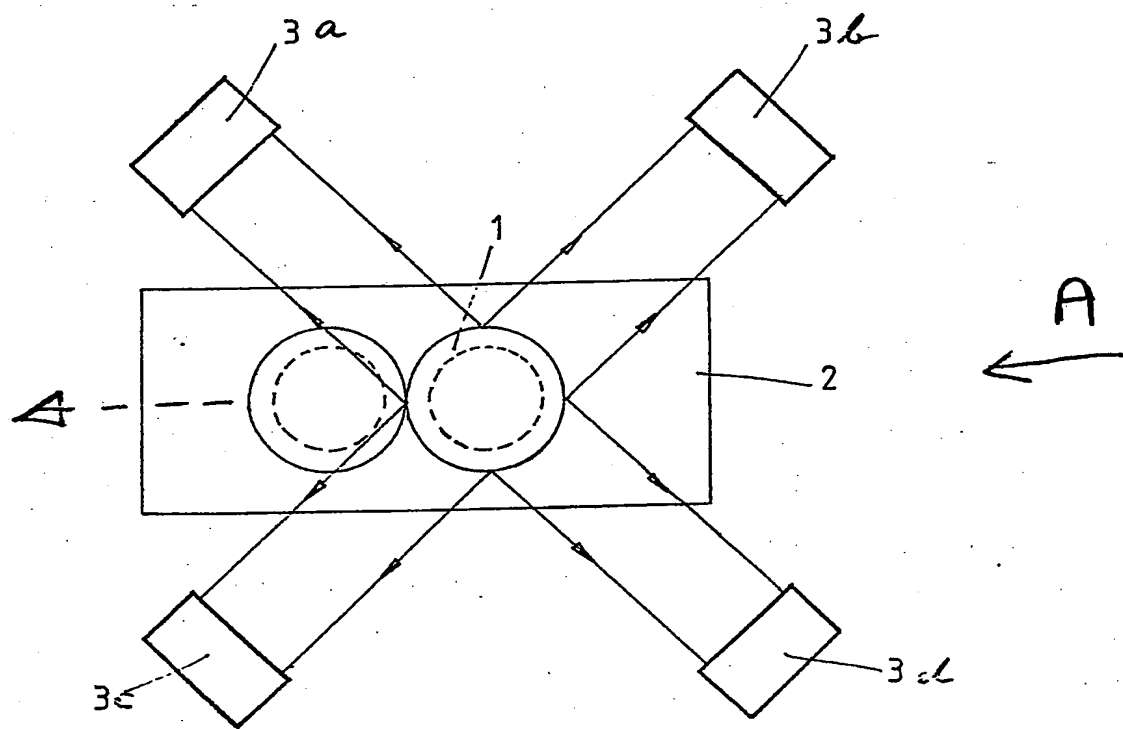


FIG. 2

2003-88

3810455

19

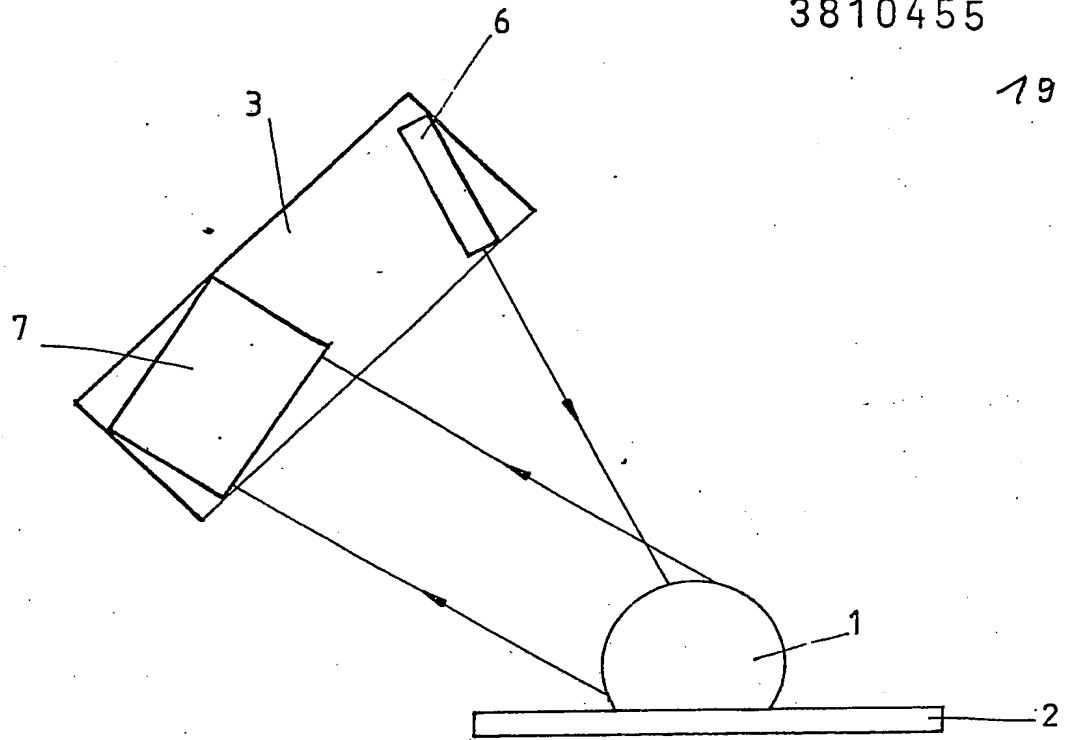


FIG. 3

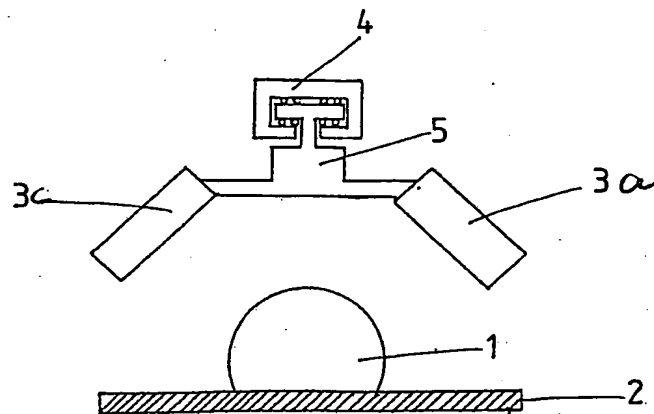


FIG. 4

3810455

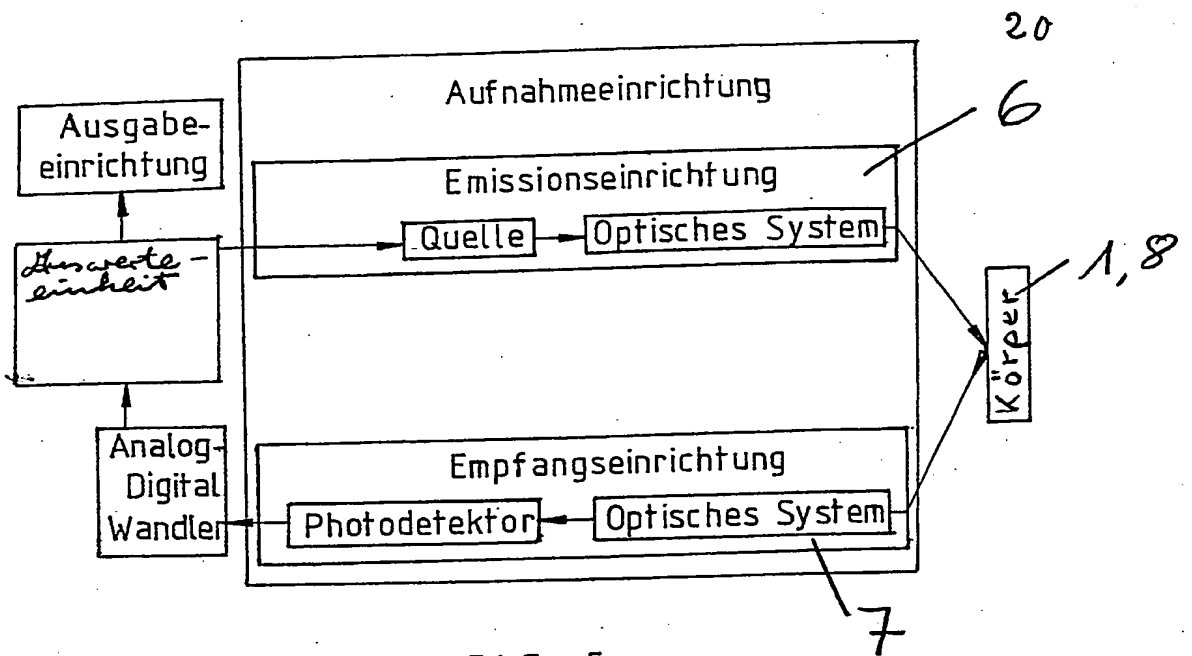


FIG. 5

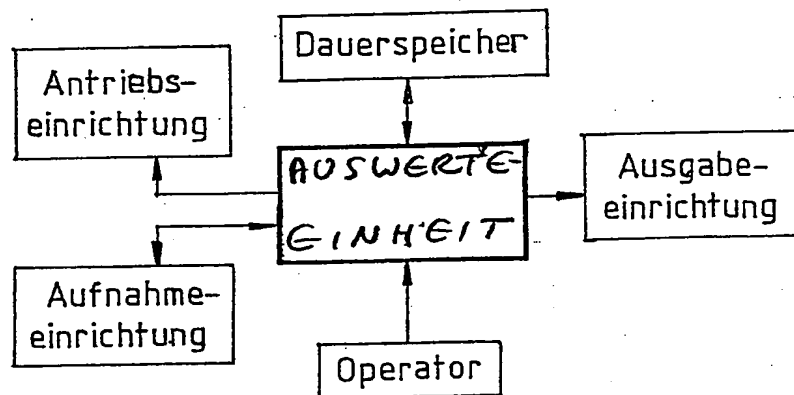


FIG. 6

241000

3810455

21*

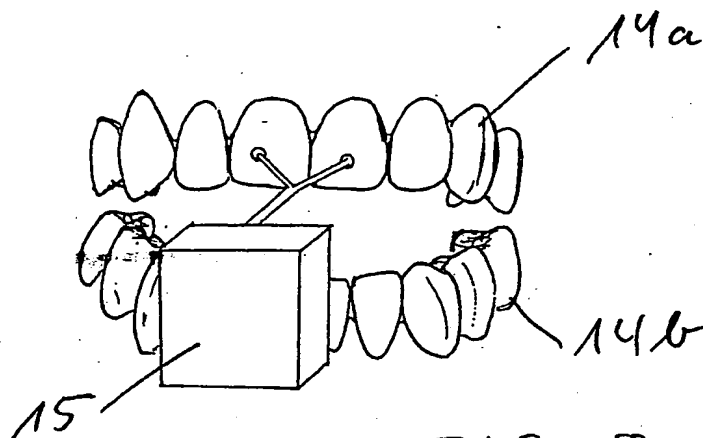


FIG. 8

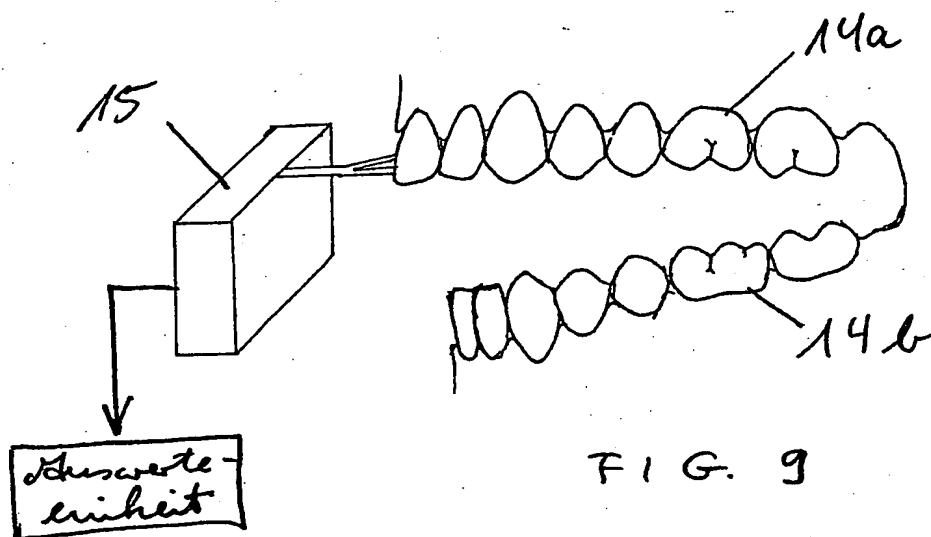


FIG. 9